

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 11-88263

(43) 公開日 平成11年(1999)3月30日

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

F I

H 0 4 B 10/02

H 0 4 B 9/00

M

10/18

G 0 2 B 6/28

G 0 2 B 6/28

H 0 4 B 9/00

E

H 0 4 J 14/00

14/02

審査請求 有 請求項の数 9

F D

(全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-254117

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(22) 出願日 平成9年(1997)9月4日

(72) 発明者 伊東 俊治

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

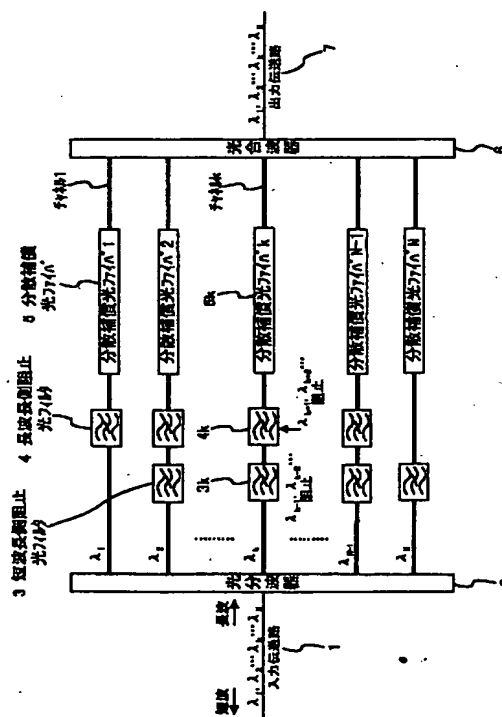
(74) 代理人 弁理士 鈴木 康夫 (外1名)

(54) 【発明の名称】 波長多重光伝送システムに用いる光合分波装置

(57) 【要約】

【課題】 チャネル間隔又はチャネル群間を広げないで、かつ隣接チャネル又は隣接チャネル群の消光比（抑圧比）を十分にとる。

【解決手段】 入力伝送路光ファイバ1から入射された波長多重信号光 $\lambda_1 \dots \lambda_k \dots \lambda_N$ は、光分波器2により各チャネル毎に分けられる。光分波器2で分波された出力、例えば波長が λ_k のチャネルkの出力には、光分波器2の不完全性により隣接チャネル成分が漏れ込んでいる。そこで、短波長側チャネル $k-1$ 、 $k-2 \dots$ の成分を阻止する帯域阻止光フィルタ3kと、長波長側チャネル $k+1$ 、 $k+2 \dots$ の成分を阻止する帯域阻止光フィルタ4kを光分波器2の出力に直列に接続する。さらに、チャネルkが伝送路中で受けた蓄積分散量を補償する分散補償光ファイバ5kを接続する。そして、それぞれの分散補償光ファイバ5から出力された各チャネルの信号光を、光合波器6により再び1本の光ファイバに合波して出力伝送路光ファイバ7へ出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 1 本の光ファイバ伝送路内に、それぞれ異なる信号光波長を持つ複数のチャンネルが含まれる波長多重光伝送システムにおける波長多重された信号光を、光分波器によりチャンネル毎又はチャンネル群毎に分波し、その後再び光合波器によって合波する光合分波装置において、

前記光分波器により分波された各チャンネル又は各チャンネル群の信号光をそれぞれ伝送する各伝送路上に、伝送すべきチャンネル又はチャンネル群以外の信号光波長の透過を抑止する帯域阻止光フィルタを挿入したことを特徴とする光合分波装置。

【請求項 2】 前記帯域阻止光フィルタは、伝送すべきチャンネル又はチャンネル群に隣接するチャンネル又はチャンネル群の通過を阻止する帯域阻止光フィルタであることを特徴とする請求項 1 記載の光合分波装置。

【請求項 3】 前記帯域阻止光フィルタは、阻止すべき複数のチャンネルの信号光波長をそれぞれ中心周波数に持つ 1 つ以上の狭帯域阻止光フィルタを直列に接続したものであることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の光合分波装置。

【請求項 4】 前記狭帯域阻止光フィルタとして、光ファイバグレーティングを用いたことを特徴とする請求項 3 記載の光合分波装置。

【請求項 5】 1 本の光ファイバ伝送路内に、それぞれ異なる信号光波長を持つ複数のチャンネルが含まれる波長多重光伝送システムにおける波長多重された信号光を、光分波器によりチャンネル毎又はチャンネル群毎に分波し、該分波した各チャンネル又は各チャンネル群に対してそれぞれ分散補償光ファイバにより分散補償を行った後に光合波器により再び合波する光合分波装置において、前記分波された各チャンネル又は各チャンネル群の信号光をそれぞれ伝送する各伝送路上に、伝送すべきチャンネル又はチャンネル群以外の信号光波長の透過を抑止する帯域阻止光フィルタを挿入したことを特徴とする光合分波装置。

【請求項 6】 前記帯域阻止光フィルタは、伝送すべきチャンネル又はチャンネル群に隣接するチャンネル又はチャンネル群の通過を阻止する帯域阻止光フィルタであることを特徴とする請求項 5 記載の光合分波装置。

【請求項 7】 前記帯域阻止光フィルタは、阻止すべき複数のチャンネルの信号光波長をそれぞれ中心周波数に持つ 1 つ以上の狭帯域阻止光フィルタを直列に接続したものであることを特徴とする請求項 5 又は 6 記載の光合分波装置。

【請求項 8】 前記狭帯域阻止光フィルタとして、光ファイバグレーティングを用いたことを特徴とする請求項 7 記載の光合分波装置。

【請求項 9】 前記光分波器により分波された各チャンネル又は各チャンネル群の信号光をそれぞれ伝送する各伝送

路のうちの 1 つ以上の伝送路上には、光増幅器又は光減衰器が配置されていることを特徴とする請求項 1 又は 5 記載の光合分波装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、波長多重光伝送システムにおいて、光合分波の際に必要なとされる急峻な波長選択特性を持つ光フィルタを用いた光合分波装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 光ファイバ増幅器の登場により、中継器における電氣的な 3 R 動作 (re-timing, re-shaping, regenerating) を必要とすることなく、数百～1 万 km に及ぶ長距離伝送が可能となった。また、光ファイバ増幅器の利用により、複数のチャンネルを一括して増幅することが可能となったため、波長多重技術の利用により伝送容量も大幅に向上することとなった。

【0003】 波長多重伝送システムでは、それぞれのチャンネルが異なる波長の信号光をもつため、光ファイバの波長分散スロープのために各チャンネルは異なる波長分散の影響を受ける。線形な分散の蓄積に対しては送信端、受信端にて補償を行えば波形は回復されるが、信号光レベルが高く伝送路内で自己位相変調が生じると、自己位相変調と波長分散との相互作用である SPM-GVD 効果によって、送、受信端での分散補償だけでは波形は完全に回復されない。この SPM-GVD 効果は伝送路零分散から離れたチャンネルでほどその影響は強い。

【0004】 この SPM-GVD 効果に対する抑圧法は、10, 000 km 程度の伝送距離においても 1 チャンネルあたり 5 Gb/s までのシステムでは有効な方法があり、送、受信端での分散補償だけでも十分波形回復が行われている (例えば、特開平 9-46318 号公報参照)。しかしながら、1 チャンネルあたり 10 Gb/s 以上においては有効な方法が見つかっていない。

【0005】 そのため 1 チャンネルあたり 10 Gb/s 以上の長距離伝送システムでは、伝送路中で各チャンネル毎、又は数チャンネル (以下、チャンネル群という) 毎に分波し、それぞれの蓄積分散量に応じた分散補償光ファイバを付加し、最後にもう一度合波することにより全てのチャンネルを等価的に零分散近辺とする方法が提案されている (特開平 8-234255 号公報参照)。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 このように分波した光をもう一度合波するシステムでは、分波した後各チャンネル (各チャンネル群) でそれぞれ隣接チャンネル (隣接チャンネル群) の抑圧比を十分にとらないと、再度合波した後に、信号光と他の経路からの同一周波数の漏れ込み光とが干渉を起こし、伝送特性を劣化させるという問題が生ずる。即ち、図 2 に示すように、分波されたチャンネル群 $k-1$, k , $k+1$ における隣接チャンネル群の抑圧が十

10

20

30

40

50

分でない場合には、各蓄積分散量に応じた分散補償光ファイバ $M-1$ 、 M 、 $M+1$ には、それぞれ隣接チャネル群からの漏れ込み光も含まれており、光合波器によって再度合波したときに、各チャネル群では、他経路を経由してきた光との干渉が生じ、コヒーレントクロストークが発生する。

【0007】そこで、隣接チャネルの抑圧比を十分にとるために、急峻な狭帯域光フィルタを用いる方法が考えられるが、そうすると、信号光のスペクトルが削られて伝送特性が劣化してしまう（図3参照）。そのため光フィルタの通過帯域幅を狭めるには限度がある。

【0008】また、隣接チャネルとの抑圧比を十分にとるための別な方法として、図4に示すように、チャネル間隔やチャネル群間のガードバンドを広げる方法が考えられるが、そうすると、周波数の利用効率が下がり、また光増幅器の帯域拡大の必要等、別の問題が生ずる。

【0009】さらに、チャネル群毎に分けるフィルタの場合においても同様の問題が生ずる。即ち、図5(a)に示すように、光フィルタの透過幅が狭いときには、隣接チャネル群の抑圧比は十分にとれるものの、今度は分波されたチャネル間にレベル差が生じてしまい、また、光フィルタの透過幅が広いときには、隣接チャネルの抑圧比が十分にとれないため、チャネル群間のガードバンドを広くしなければならない。

【0010】このような光の合分波の際の漏れ込み光によるクロストークの問題は、波長多重システムにおける光ADD-DROP、あるいは帯域毎に異なる複数の光増幅器を用いるシステム等においても同様に生ずる。

【0011】本発明の目的は、波長多重された信号光を、各チャネル毎、又はチャネル群毎に分波した後に再び合波するようなシステムにおいて、隣接チャネル又は隣接チャネル群の消光比（抑圧比）を十分にとり、かつチャネル間隔又はチャネル群間をそれほど広げなくて済む光フィルタ装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は、1本の光ファイバ伝送路内に、それぞれ異なる信号光波長を持つ複数のチャネルが含まれる波長多重光伝送システムにおいて、波長多重された信号光を、光分波器によりチャネル毎、またはチャネル群毎に分波した後、目的のチャネル以外の隣接チャネルの漏れ込み成分を阻止する光帯域阻止光フィルタを挿入することを特徴とするものである。

【0013】帯域阻止光フィルタは、帯域透過光フィルタと比較した場合、狭帯域かつ急峻な波長選択特性のものが得られやすく、特に、光ファイバグレーティングを用いた帯域阻止フィルタは、狭帯域かつ急峻な波長選択特性を有しており、隣接チャネルに影響を与えることなく、阻止すべきチャネルの帯域を十分に減衰することができ、チャネル間隔を更に高密度化することが可能となる。

【0014】また、この帯域阻止光フィルタは、阻止したい複数のチャネルの信号光波長をそれぞれ中心周波数に持つ複数の狭帯域阻止光フィルタを直列に接続して構成することにより、隣接する複数のチャネルの透過を阻止することができる。

【0015】さらに、本発明は、1本の光ファイバ伝送路内に、それぞれ異なる信号光波長を持つ複数のチャネルが含まれる波長多重光伝送システムにおいて、光分波器によりチャネル毎、またはチャネル群毎に分波された複数の信号光を、それぞれについて帯域阻止光フィルタによって隣接のチャネルを抑圧し、更にそれぞれ分散値の異なる光ファイバに通した後、光合波器によって合波することにより、波長分散の影響を小さくしている。その際、前記帯域阻止フィルタと、前記それぞれのチャネル又はチャネル群の信号光を通す分散値の異なる光ファイバの接続の順序は逆でもよい。

【0016】また、光分波器で分波されてから光合波器で合波されるまでの間に、各チャネル又はチャネル群についてそれぞれ1つ以上の光増幅器又は光減衰器を配置することにより、各チャネル又は各チャネル群間の信号光強度レベル差を調整することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の第1の実施の形態を示すブロック図である。この第1の実施の形態は、伝送されてきた波長多重信号光をチャネル毎に分波し、それぞれ、それまでの伝送路中で受けた蓄積分散量に応じた分散補償光ファイバを通過した後合波し、再び伝送路へと伝送する、高次分散補償機能を有した光合分波器に本発明を適用したものである。

【0018】図1において、入力伝送路光ファイバ1から入射された波長多重信号光 $\lambda_1, \dots, \lambda_k, \dots, \lambda_n$ は、光分波器2により各チャネル毎に分けられる。光分波器2で分波された出力、例えば波長が λ_k のチャネル k の出力には、光分波器2の不完全性により隣接チャネル成分が漏れ込んでいる。そこで、短波長側チャネル $k-1$ 、 $k-2, \dots$ の成分を阻止する帯域阻止光フィルタ3 k と、長波長側チャネル $k+1$ 、 $k+2, \dots$ の成分を阻止する帯域阻止光フィルタ4 k を光分波器2の出力に直列に接続する。さらに、チャネル k が伝送路中で受けた蓄積分散量を補償する分散補償光ファイバ5 k を接続する。そして、それぞれの分散補償光ファイバ5から出力された各チャネルの信号光は、光合波器6により再び1本の光ファイバに合波されて出力伝送路光ファイバ7へ出力される。

【0019】なお、この実施の形態では、光分波器2の出力を、帯域阻止光フィルタ3、4を介した後分散補償光ファイバ5に接続しているが、この順番は、任意に変更することができ、例えば、光分波器2の出力を分散補償光ファイバ5に接続し、その後、帯域阻止光フィルタ3、4を接続してもよい。

【0020】光分波器2としては、AWG (Arrayed Waveguide Grating) あるいは、1対多の光カップラのそれぞれの出力に所望の信号光波長を中心波長とする光フィルタを接続することにより構成することができる。また、光合波器6としては、1対多カップラでもよいが、信号光スペクトラムが削られるといった問題がない限りAWGのほうがより効果的である。

【0021】帯域阻止光フィルタ3kは、図6に示すように、目的の信号光波長 λ_k に隣接する波長 λ_{k-1} 、 λ_{k-2} ...をそれぞれ中心波長に持つ光ファイバグレーティング8₁、8₂...を直列接続することによって構成することができる。帯域阻止光フィルタ4kについても同様である。

【0022】光分波器2と光合波器6の間には、損失補償又はチャンネル間の信号光強度のレベル差を調整する必要がある場合、光増幅器あるいは光減衰器を挿入することができる。

【0023】図7は、本発明の第2の実施の形態を示すブロック図である。この第2の実施の形態では、伝送されてきた波長多重信号光はチャンネル群毎に分波され、それぞれ、それまでの伝送路中で受けた蓄積分散量に応じた分散補償光ファイバを通過した後に合波され、再び伝送路へと出力される。ここでは、1チャンネル群あたり4チャンネルが含まれ、4チャンネル群(合計16チャンネル)からなるシステムを例として説明する。

【0024】図7において、入力伝送路光ファイバ1から4つのチャンネル群として入射された波長多重信号光 $\lambda_1 \sim \lambda_{16}$ は、1対多光カップラ9₁によってチャンネル群の数に分けられる。1対多光カップラ9₁の各出力には、所望のチャンネル群を選択する帯域透過光フィルタ10が接続される。帯域透過光フィルタ10の出力には、帯域透過光フィルタ10の不完全性により隣接チャンネル群の信号光成分が漏れ込んでくる可能性がある。そこで、隣接チャンネル群の成分をカットする帯域阻止光フィルタ11、12を帯域透過光フィルタ10の出力に接続する。

【0025】帯域阻止光フィルタ11、12の出力は、それぞれ伝送路中で受けた蓄積分散量を補償する分散補償光ファイバ5に接続されて、それぞれのチャンネル群において蓄積分散量が補償された後、1対多光カップラ9₂により再び1本の光ファイバに合波されて出力伝送路光ファイバ7へ出力される。

【0026】帯域阻止光フィルタ11、12は、図8に示すように、抑圧比が十分にとれていない隣接チャンネル群の各チャンネルの信号光波長を中心波長に持つ光ファイバグレーティングを直列に接続することにより、隣接するチャンネル群の信号光スペクトラムが十分に抑圧された所望チャンネル群の信号光となってそれぞれ分散補償光ファイバ5へ出力される。

【0027】また、目的のチャンネル群を選択する帯域透

過光フィルタ10、帯域阻止光フィルタ11、12および分散補償光ファイバ5の接続順序は、任意に変更することができる。さらに、第1の実施の形態の場合と同様に、1対多光カップラ9₁と9₂の間には、損失補償又はチャンネル間の信号光強度のレベル差を調整する必要がある場合には、光増幅器あるいは光減衰器を挿入することができる。

【0028】

【発明の効果】本発明は、波長多重された信号光を分波した後再び合波するようなシステムにおいて、分波した後に隣接のチャンネル又はチャンネル群を阻止する光フィルタを挿入しているため、合波の際に他のチャンネル又はチャンネル群からの漏れ込み光によるクロストークを生じることがない。

【0029】また、隣接チャンネルを阻止する光フィルタに急峻な波長選択特性を持つ光ファイバグレーティングを用いることにより、チャンネル間隔又はチャンネル群間のガードバンドを狭めることができ、周波数利用効率の拡大を図ることができる。

【0030】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態を示すブロック図である。

【図2】光合分波の際のコヒーレントクロストークの発生を説明するための図である。

【図3】光分波の際に狭帯域透過光フィルタを用いたときの動作について説明するための図である。

【図4】光分波の際に広帯域透過光フィルタを用いたときの動作について説明するための図である。

【図5】チャンネル群毎に分波する場合に、狭帯域透過光フィルタ及び光帯域透過光フィルタを用いたときの動作について説明するための図である。

【図6】光帯域阻止フィルタの構成例を示す図である。

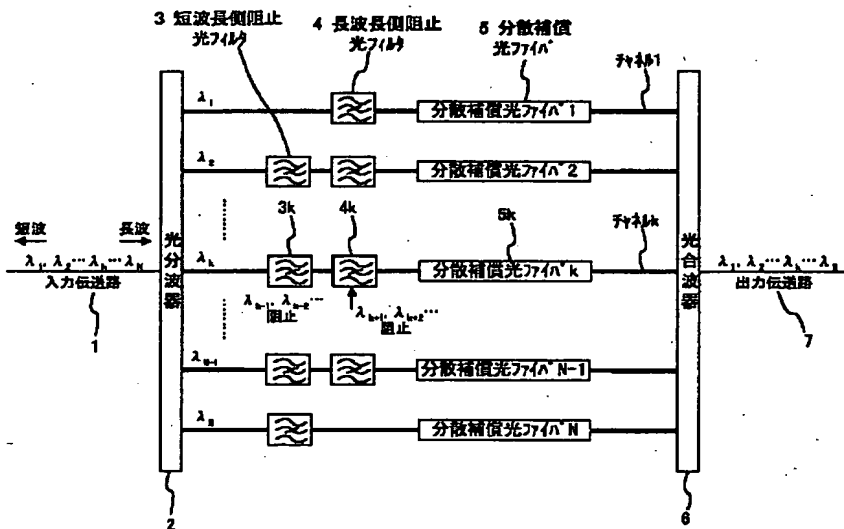
【図7】本発明の第2の実施の形態を示す図である。

【図8】本発明の第2の実施の形態の動作を説明するための図である。

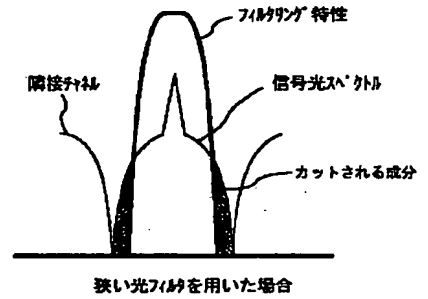
【符号の説明】

- | | |
|----|-------------------|
| 1 | 入力伝送路 |
| 2 | 光分波器 |
| 3 | 短波長側阻止光フィルタ |
| 4 | 長波長側阻止光フィルタ |
| 5 | 分散補償光ファイバ |
| 6 | 光合波器 |
| 7 | 出力伝送路 |
| 8 | 光ファイバグレーティング |
| 9 | 1対多光カップラ |
| 10 | 選択チャンネル群透過光フィルタ |
| 11 | 短波長側チャンネル群阻止光フィルタ |
| 12 | 長波長側チャンネル群阻止光フィルタ |

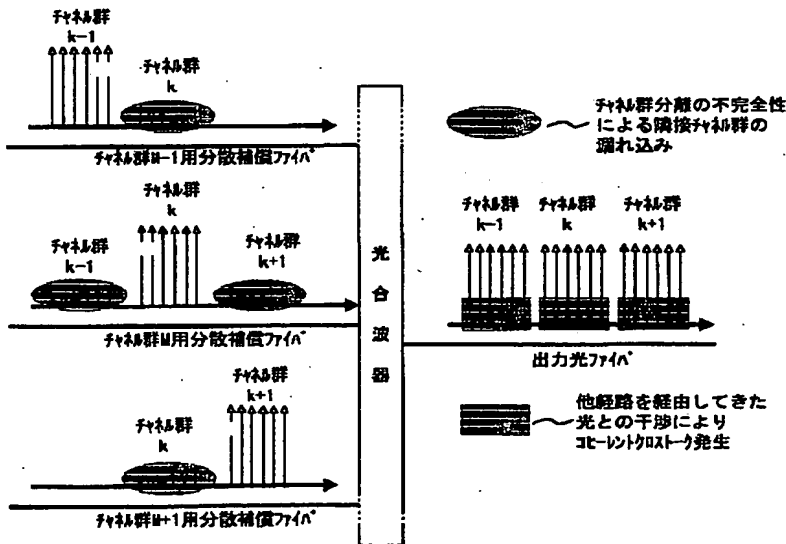
【図1】



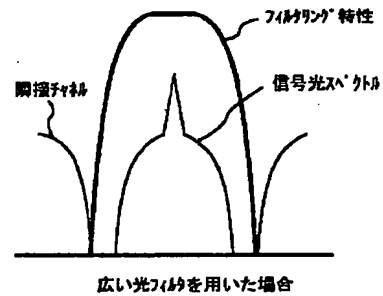
【図3】



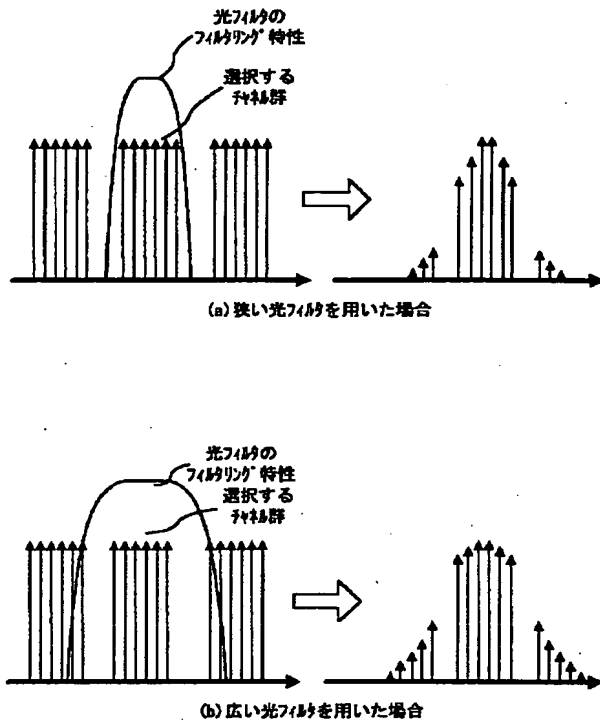
【図2】



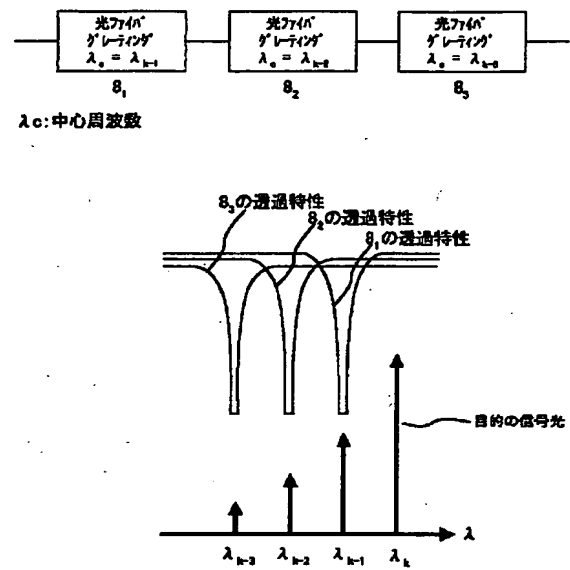
【図4】



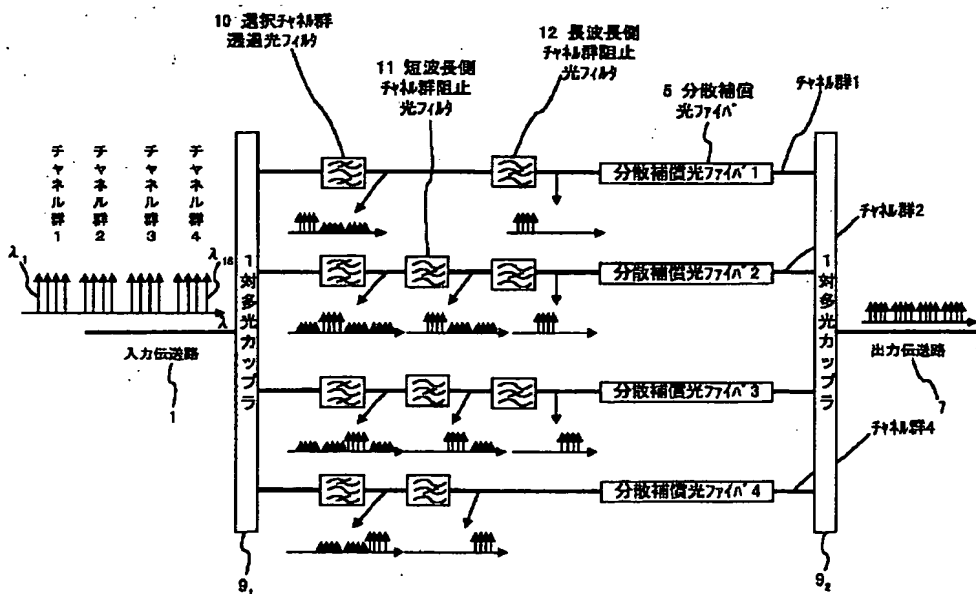
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

